

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2001-117573
(P2001-117573A)

(43) 公開日 平成13年4月27日 (2001.4.27)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード* (参考)
G 1 0 L	13/00	H 0 3 M 7/30	Z 5 D 0 4 5
	19/12	G 1 0 L 7/02	D 5 J 0 6 4
	19/06	9/14	S
H 0 3 M	7/30		H

審査請求 未請求 請求項の数9 O L (全 22 頁)

(21) 出願番号	特願平11-298505	(71) 出願人	000003078 株式会社東芝 神奈川県川崎市幸区堀川町72番地
(22) 出願日	平成11年10月20日 (1999. 10. 20)	(72) 発明者	押切 正浩 兵庫県神戸市東灘区本山南町8丁目6番26号 株式会社東芝関西研究センター内
		(72) 発明者	三関 公生 兵庫県神戸市東灘区本山南町8丁目6番26号 株式会社東芝関西研究センター内
		(74) 代理人	100058479 弁理士 鈴江 武彦 (外6名)

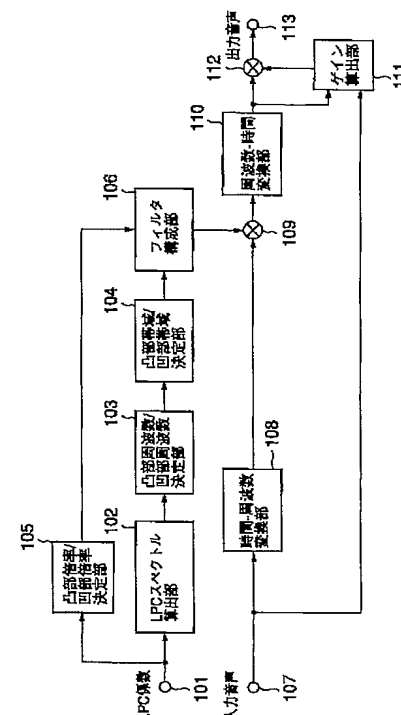
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 音声スペクトル強調方法／装置及び音声復号化装置

(57) 【要約】

【課題】 不適当なスペクトル傾きを発生せず、かつスペクトルの凸部をずらしたり凹部を強調することのない、理想的な音声スペクトルを可能とする。

【解決手段】 L P C係数算出部102により音声信号の振幅スペクトル概形であるL P C係数を算出した後、凸部周波数／凹部周波数決定部103で振幅スペクトル概形の凸部周波数及び凹部周波数を求め、これら凸部周波数及び凹部周波数から凸部帯域／凹部帯域決定部104により凸部周波数及び凹部周波数をそれぞれ含む凸部帯域及び凹部帯域を決定し、凸部帯域に含まれる周波数成分の振幅スペクトルを強調しかつ凹部帯域に含まれる周波数成分の振幅スペクトルを減衰させる特性を有するフィルタをフィルタ構成部106で構成して、このフィルタの特性を乗算器109で乗じることで音声信号をフィルタリングすることにより、スペクトル強調を行う。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】音声信号の振幅スペクトル概形の凸部周波数及び凹部周波数をそれぞれ含む凸部帯域及び凹部帯域を決定し、凸部帯域に含まれる周波数成分の振幅スペクトルを強調し、凹部帯域に含まれる周波数成分の振幅スペクトルを減衰させる特性を有するフィルタを構成して、該フィルタにより音声信号をフィルタリングすることを特徴とする音声スペクトル強調方法。

【請求項 2】音声信号の振幅スペクトル概形を求める手段と、

前記振幅スペクトル概形の凸部周波数及び凹部周波数を求める手段と、

前記凸部周波数及び凹部周波数から凸部周波数及び凹部周波数をそれぞれ含む凸部帯域及び凹部帯域を決定する手段と、

前記凸部帯域に含まれる周波数成分の振幅スペクトルを強調し、前記凹部帯域に含まれる周波数成分の振幅スペクトルを減衰させる特性を有するフィルタを構成して、該フィルタにより前記音声信号をフィルタリングする手段とを有することを特徴とする音声スペクトル強調装置。

【請求項 3】音声信号の振幅スペクトル概形を求める手段と、

前記振幅スペクトル概形の凸部周波数及び凹部周波数を求める手段と、

前記凸部周波数及び凹部周波数をそれぞれ含む凸部帯域及び凹部帯域を決定する手段と、

前記凸部帯域に含まれる周波数成分の振幅スペクトルをこれに所定の凸部倍率を乗じることにより強調し、前記凹部帯域に含まれる周波数成分の振幅スペクトルをこれに所定の凹部倍率を乗じることにより減衰させ、前記凸部帯域及び凹部帯域に含まれない周波数成分の振幅スペクトルに対しては前記凸部倍率の最大値以上かつ前記凹部倍率の最小値以上に設定された倍率を乗じるフィルタを構成して、該フィルタにより前記音声信号をフィルタリング処理する手段とを有することを特徴とする音声スペクトル強調装置。

【請求項 4】前記フィルタリング手段は、周波数領域で前記フィルタリング処理を行うことを特徴とする請求項 2 または 3 記載の音声スペクトル強調装置。

【請求項 5】前記フィルタリング手段は、時間領域で前記フィルタリング処理を行うことを特徴とする請求項 2 または 3 記載の音声スペクトル強調装置。

【請求項 6】前記振幅スペクトル概形を求める手段は、該振幅スペクトル概形として LPC スペクトルを求めることを特徴とする請求項 2 または 3 記載の音声スペクトル強調装置。

【請求項 7】前記凸部帯域及び凹部帯域を決定する手段は、前記凸部帯域の幅及び周波数位置の少なくとも一方を前記凸部周波数とその両側に位置する凹部周波数との

位置関係により決定することを特徴とする請求項 2 または 3 記載の音声スペクトル強調装置。

【請求項 8】前記凸部倍率及び凹部倍率を前記振幅スペクトル概形に基づいて決定する手段を有することを特徴とする請求項 2 または 3 記載の音声スペクトル強調装置。

【請求項 9】音声信号の符号化データを復号して復号音声信号及び少なくとも音声信号の振幅スペクトルの情報を含むパラメータを出力する音声復号部と、

前記音声復号部からの復号音声信号及び前記パラメータを入力する請求項 2 乃至 8 のいずれか 1 項記載の音声スペクトル強調装置により構成されるスペクトル強調部とを有し、

前記スペクトル強調部は、前記パラメータから前記スペクトル概形を求め、該復号音声信号について前記フィルタリング処理を行うことを特徴とする音声復号化装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、音声信号のスペクトルの凸部を強調し、凹部を減衰させるスペクトル強調方法及び装置とこれを用いた音声復号化装置に関する。

【0002】

【従来の技術】音声信号を低ビットレートで高能率に圧縮符号化する技術は、自動車電話等の移動体通信や企業内通信において、電波の有効利用や通信コストの削減のための重要な技術である。8 kbps 以下のビットレートで品質の優れた音声合成が可能な音声符号化方式として、CELP (Code Excited Linear Prediction) 方式が知られている。

【0003】CELP 方式は、M. R. Schroeder 氏と B. S. Atal 氏により “Code-Excited Linear Prediction (CELP) High-Quality Speech at Very low Bit Rates”, Proc. ICASSP; 1985, pp. 937-939 (文献 1) で発表されて以来、高品質な音声合成ができる方式として注目され、品質の改善や計算量の削減について種々の検討がなされてきた。しかし、8 kbit/s 以下という低いビットレートでは、復号音声の品質はまだ十分でない。

【0004】このような背景の下、復号音声に後処理を施し、復号音声の聴感的な品質を向上させる技術がいくつか報告されている。例えば、AT&T ベル研の P. Kroon 氏と B. S. Atal 氏は、“Quantization Procedures for the Excitation in CELP Coders”, Proc. ICASSP; 1987, pp. 1649-1652 (文献 2) において、復号器に送られてきた LPC 係数 (線形予測係数) に係数を乗じて特性をなませた後処理用のフィルタを構成し、このフィルタにより復号音声をフィルタリングして合成音声を得る方法を報告している。この後処理用のフィルタを z 変換領域で表すと、(1) 式のようになる。

【0005】

【数 1】

$$F_1(z) = \frac{1}{A(z/\beta)} \quad (1)$$

* 【0007】
【数2】

【0006】ここで、 $A(z/\beta)$ は(2)式で表される。

$$A(z/\beta) = 1 - \sum_{i=1}^{NP} \beta^i \alpha(i) z^{-i} \quad (2)$$

($\alpha(i)$: LPC係数、NP: フィルタ次数、 $0 < \beta < 1$)

【0008】しかし、(1)式のような全極型フィルタ $F_1(z)$ では、不適当なスペクトル傾きを含み、合成音声がかもってしまうという問題がある。特許第2887286号

(文献3)には、この問題を解決するスペクトル強調方法が開示されている。この文献3では、スペクトル傾き補正を考慮に入れた極零型フィルタと1次の零型フィルタを縦続接続する方法を提案している。このフィルタの伝達関数を z 変換領域で表すと(3)式のようになる。

【0009】

【数3】

$$F_2(z) = \frac{A(z/\gamma)}{A(z/\beta)} \cdot (1 - \mu z^{-1}) \quad (3)$$

($0 < \alpha < \beta < 1, 0 < \mu < 1$)

【0010】このスペクトル強調フィルタによると、(3)式の項 $A(z/\gamma)$ と項 $(1 - \mu z^{-1})$ が項 $A(z/\beta)$ の不適当なスペクトル傾きを補正するように働くため、合成音声がこもるという問題は軽減される。しかし、スペクトル強調フィルタに入力される信号の特性によってスペクトル傾き補正の程度に過不足が生じる。その結果、スペクトル強調フィルタの出力信号のある部分では低域部が強調されるため、音がこもってしまい、ある部分では高域部が強調されるために音が明るくなりすぎる。これが原因となり、スペクトル強調フィルタの出力信号を試聴すると、ふらつくような印象を与えてしまう。また、(3)式の項 $A(z/\gamma)$ の影響によりスペクトルの凸部の位置がずれたり、凹部が強調されてしまうことがある。その結果、スペクトル強調フィルタの出力信号が劣化してしまうという問題が発生する。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】まず、文献1に記載された方法の問題点を説明する。この方法では、復号側で得られたLPC係数を使って、式(1)に従いスペクトル強調フィルタを構成する。図21は復号音声のある短区間のLPC係数 $\alpha(i)$ で構成される合成フィルタ $H(z)$ のLPCスペクトル(実線)、および文献1で提案されているスペクトル強調フィルタ $F_1(z)$ のスペクトル特性(点線)を表している。 $F_1(z)$ の β には0.4を用いている。また、合成フィルタ $H(z)$ は、

【0012】

【数4】

$$H(z) = \frac{1}{1 - \sum_{i=1}^{NP} \alpha(i) z^{-i}} \quad (4)$$

【0013】と表せる。

【0014】図21から分かるように、スペクトル強調フィルタ $F_1(z)$ のスペクトル特性は、低域部ではスペクトルが強調され、高域部にいくに従いスペクトルが減衰される特性であるため、低域部が過度に強調される傾向にある。この傾向は、音声信号の多くの区間を占める有声部で見られる。その結果、スペクトル強調後の音声信号はこもって聞こえてしまうという問題が生じる。

【0015】同様に、文献2によるスペクトル強調フィルタ $F_2(z)$ の特性(点線)を図22に示し、合成フィルタ $H(z)$ のLPCスペクトルを実線で表す。スペクトル強調フィルタ $F_2(z)$ の特性を見ると、 $F_1(z)$ のそれと比べて低域が過度に強調されるという問題は軽減されている。これは式(3)の分子項 $A(z/\gamma)$ と項 $(1 - \mu z^{-1})$ が、不適当なスペクトル傾きを補正するよう働くためである。この例では、 $\beta=0.8$ 、 $\gamma=0.5$ 、 $\mu=0.4$ に設定してある。

【0016】このため、文献2では文献1に見られたような音がこもる問題というものとは軽減されるものの、この例においてもスペクトル傾きが存在し、低域が強調される傾向は残る。また、このフィルタでは別の区間で適切にスペクトル傾きを補正する保証はなく、むしろある区間では低域が過度に強調されたり、高域が過度に強調されるという問題は常に起こる可能性がある。

【0017】また、スペクトル傾き補正の問題の他に、スペクトル極大値とスペクトル極小値の周波数がずれるという問題も存在する。図22において、 $H(z)$ のスペクトル極大値の周波数をそれぞれ f_1, f_2 とし、スペクトル強調フィルタ $F_2(z)$ のスペクトル特性の極大値を f_e とする。ここで、 $f_1 \neq f_e$ 、 $f_2 \neq f_e$ であるため、スペクトル極大値の周波数 f_1, f_2 は、実際の値から移動してしまう。この場合、 f_1 は周波数の高い方に、 f_2 は周波数の低い方にそれぞれずれる。同様に、スペクトル極小値の周波数も移動することが起こり得る。例えば、図22において、スペクトル極小値の周波数 f_3 は周波数の高い方にずれてしまう。スペクトル極大値、極小値の周波数の位置関係は音韻情報に深く関わりを持つものであり、即ちスペクトル極大値、極小値の周波数が移動してしまうと、品質劣化につながることになる。

【0018】さらに、2つのスペクトル極大値の周波数が各々近接している場合、そのスペクトル極大値に挟まれたスペクトル極小値が強調されてしまうことが起こる。図22では、スペクトル極小値の周波数 f_4 の部分でスペクトル強調フィルタ $F2(z)$ が強調するように働くことが分かる。このような事象も音韻情報を崩してしまい、品質劣化の原因となってしまう。

【0019】本発明の目的は、不適当なスペクトル傾きを発生することなく、かつスペクトルの凸部をずらしたり凹部を強調することのない、理想的な音声スペクトル強調方法／装置及びこれを用いた音声復号化装置を提供することにあり、

【0020】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するため、本発明に係る音声スペクトル強調方法は、音声信号の振幅スペクトル概形の凸部周波数及び凹部周波数をそれぞれ含む凸部帯域及び凹部帯域を決定し、凸部帯域に含まれる周波数成分の振幅スペクトルを強調し、凹部帯域に含まれる周波数成分の振幅スペクトルを減衰させる特性を有するフィルタを構成して、該フィルタにより音声信号をフィルタリングすることを特徴とする。凸部帯域及び凹部帯域は、典型的には凸部周波数及び凹部周波数をそれぞれの中心周波数とする帯域である。

【0021】本発明に係る音声スペクトル強調装置は、音声信号の振幅スペクトル概形を求める手段と、この振幅スペクトル概形の凸部周波数及び凹部周波数を求める手段と、凸部周波数及び凹部周波数から凸部周波数及び凹部周波数をそれぞれ含む凸部帯域及び凹部帯域を決定する手段と、凸部帯域に含まれる周波数成分の振幅スペクトルを強調し、凹部帯域に含まれる周波数成分の振幅スペクトルを減衰させる特性を有するフィルタを構成して、該フィルタにより前記音声信号をフィルタリングする手段とを有することを特徴とする。

【0022】より具体的には、本発明に係る他の音声スペクトル強調装置は、音声信号の振幅スペクトル概形を求める手段と、この振幅スペクトル概形の凸部周波数及び凹部周波数を求める手段と、凸部周波数及び凹部周波数をそれぞれ含む凸部帯域及び凹部帯域を決定する手段と、凸部帯域に含まれる周波数成分の振幅スペクトルを所定の凸部倍率を乗じることにより強調し、凹部帯域に含まれる周波数成分の振幅スペクトルを所定の凹部倍率を乗じることにより減衰させ、凸部帯域及び凹部帯域に含まれない周波数成分の振幅スペクトルに対しては凸部倍率の最大値以上かつ凹部倍率の最小値以上に設定された倍率を乗じるフィルタを構成して、該フィルタにより前記音声信号をフィルタリング処理する手段とを有することを特徴とする。

【0023】このように本発明では、音声信号の振幅スペクトル概形から凸部周波数と凹部周波数を求め、これら凸部周波数と凹部周波数がずれないようにスペクトル

強調及びスペクトル減衰を行うための凸部倍率及び凹部倍率を決定する。具体的には、凸部帯域の周波数成分（凸部周波数近傍の周波数成分）を同一の倍率で強調し、同様に凹部帯域の周波数成分（凹部周波数近傍の周波数成分）を同一の倍率で減衰する。

【0024】このような処理を行うことにより、低域が過度に強調されたり、高域が過度に強調されるような不適当なスペクトル傾きは、原理的に生じなくなる。また、凸部周波数とその近傍を同一倍率で強調し、凹部周波数とその近傍を同一倍率で減衰させるために、凸部周波数や凹部周波数がずれるという問題は生じない。

【0025】さらに、凸部周波数は強調し凹部周波数は減衰するように倍率が決定されるため、2つの凸部周波数が各々近接している場合においても、その凸部周波数に挟まれた凹部周波数が強調されてしまうという問題を回避することができる。

【0026】本発明においては、音声信号をフィルタリング処理する際に、周波数領域及び時間領域のいずれで処理を行ってもよい。周波数領域でフィルタリング処理を行うと、スペクトル強調、スペクトル減衰の度合いを正確に制御することが可能となり、また周波数領域で符号化を行う方式、例えばMBE(Multi-band Excitation)符号化などとの親和性が高く、このような符号化に適用しやすいという利点がある。フィルタリング処理を時間領域で行うと、音声信号を周波数領域に変換する処理を除くことができ、計算量の削減を図ることができる。

【0027】振幅スペクトル概形としては、例えばLPCスペクトルが求められる。この場合、振幅スペクトル概形であるLPCスペクトルから、比較的少ない計算量で正確な凸部周波数および凹部周波数を求めることが可能となり、品質改善に寄与することができる。

【0028】本発明においては、振幅スペクトルの凸部周波数を含む凸部帯域の幅と周波数位置の少なくとも一方を凸部周波数とその両側に位置する凹部周波数との位置関係により決定することが望ましい。このようにすると、強調すべき凸部周波数とそれを含む凸部帯域の幅もしくは周波数位置を凸部周波数毎に適応的に決定することが可能となり、品質改善に寄与することができる。

【0029】また、本発明では凸部倍率および凹部倍率を振幅スペクトル概形に基づいて決定することが好ましい。この場合、強調すべき凸部帯域および減衰すべき凹部帯域に含まれる周波数成分の振幅スペクトルの大きさに応じて凸部倍率および凹部倍率を適応的に制御することにより、品質改善に寄与することができる。

【0030】さらに、本発明による音声復号化装置は、音声信号の符号化データを復号して復号音声信号及び少なくとも音声信号の振幅スペクトルの情報を含むLPC係数のようなパラメータを出力する音声復号部からの復号音声信号及びパラメータが上述した音声スペクトル強調装置により構成されるスペクトル強調部に入力される。

この場合、スペクトル強調部においては、LPC係数のようなパラメータからスペクトル概形を求め、復号音声信号について先と同様のフィルタリング処理を行うことにより、スペクトル強調を行う。

【0031】

【発明の実施の形態】〔第1の実施形態〕本発明の第1の実施形態として、時間領域の入力信号に対し周波数領域でスペクトル強調フィルタによるフィルタリング処理を行う例について説明する。

【0032】図1は、本発明の第1の実施形態に係るスペクトル強調装置であり、LPC係数入力端子101、LPCスペクトル算出部102、凸部周波数/凹部周波数決定部103、凸部帯域/凹部帯域決定部104、凸部倍率/凹部倍率決定部105、フィルタ構成部106、音声入力端子107、時間一周波数変換部108、乗算器109、周波数-時間変換部110、ゲイン算出部111、乗算器112及び音声出力端子113からなる。

【0033】まず、図2に示すフローチャートを用いて本実施形態の処理手順について説明する。入力端子101から入力されたLPC係数は、LPCスペクトル算出部102と凸部倍率/凹部倍率決定部105に与えられる。LPCスペクトル算出部102では、LPC係数を用いてLPCスペクトルが算出され（ステップS1001）、次いで凸部周波数/凹部周波数決定部103によってLPCスペクトルを用いて凸部周波数と凹部周波数が決定される（ステップS1002）。さらに、凸部周波数と凹部周波数を用いて凸部帯域/凹部帯域決定部104において凸部帯域と凹部帯域が決定される（ステップS1003）。

【0034】凸部倍率/凹部倍率決定部105では、LPC係数を用いて凸部倍率と凹部倍率が求められる（ステ * 30

* ップS1004)。フィルタ構成部106では、凸部帯域/凹部帯域決定部104により求められた凸部帯域及び凹部帯域と凸部倍率/凹部倍率決定部105により求められた凸部倍率及び凹部倍率を用いてスペクトル強調フィルタが構成される（ステップS1005）。

【0035】一方、入力端子107から入力される音声信号は、時間一周波数変換部108により周波数領域の信号に変換される（ステップS1006）。この周波数領域に変換された音声信号のスペクトルとフィルタ構成部106で構成されたスペクトル強調フィルタのフィルタ特性係数とが乗算器109で乗算され（ステップS1007）、この乗算器109の出力信号が周波数-時間変換部110により時間領域の信号に変換される（ステップS1008）。

【0036】ゲイン算出部111では、周波数-時間変換部110の出力信号の大きさが入力端子107から入力される信号の大きさに一致するよう補正ゲインが算出され（ステップS1009）、この補正ゲインが乗算器112により周波数-時間変換部110の出力信号に掛けられる（ステップS1010）。そして、この補正後の音声信号が出力端子113から出力される。

【0037】次に、本実施形態の動作をさらに詳細に説明する。入力端子101から入力されるLPC係数を $\{\alpha(i); i=1 \sim NP\}$ （但し、NPはLPC係数の次数を表す）とすると、LPCスペクトル算出部102でLPC係数を用いて算出されるLPCスペクトル $X(n)$ は、式(4)で与えられるフィルタを $z=\exp(j2\pi n/N)$ と置き変えて求めることができる。すなわち、LPCスペクトル $X(n)$ は、

【0038】

【数5】

$$X(n) = \left| \frac{1}{1 - \sum_{i=1}^{NP} \alpha(i) e^{-j2\pi i n / N}} \right|^2 \quad (5)$$

($0 \leq n < N/2$)

【0039】と表される。入力される音声信号のサンプリング周期を F_s [Hz]としたとき、LPCスペクトル $X(n)$ のスペクトル解像度は F_s/N [Hz]となる。仮にサンプリング周期 $F_s=8000$ [Hz]、 $N=1000$ としたとき、LPCスペクトル $X(n)$ は8 [Hz]の解像度で表されることになる。

【0040】本実施形態では、スペクトル概形を求める手段としてLPCスペクトルを用いる方法について説明を行うが、他にもLPCケプストラムおよびFFTケプストラムなどを用いてスペクトル概形を求めても良い。

【0041】次に、凸部周波数/凹部周波数決定部103では、LPCスペクトル $X(n)$ が極大値および極小値となる周波数、すなわち凸部周波数及び凹部周波数を求める。LPCスペクトル $X(n)$ は、LPCスペクトル $X(n)$ を n で微 * 50

※分した値 $dX(n)/dn$ が0となるとときに極大値もしくは極小値をとる。實際上、式(6)を満足しかつ式(7)を満足するとき周波数 n で極大値が存在し、式(6)を満足しかつ式(8)を満足する場合には極小値が存在するとみなす。

【0042】

【数6】

$$(X(n) - X(n-1)) \cdot (X(n+1) - X(n)) \leq 0 \quad (6)$$

$$X(n) - X(n-1) \geq 0 \quad (7)$$

$$X(n) - X(n-1) < 0 \quad (8)$$

【0043】LPCスペクトル $X(n)$ が極大値をとるときの周波数 n を凸部周波数 $\{pk(j); j=1 \sim NPK\}$ と表し、極小値をとるときの周波数 n を凹部周波数 $\{vy\{k\}; k=1 \sim$

NVY}と表す。この様子を図3に示す。図3では、500Hz、1000Hz、2500Hz、3200Hzにスペクトル極大値が、800Hz、2000Hz、3000Hzにスペクトル極小値が存在する。よって、NPK = 4、NVY=3となり、凸部周波数{pk(j); j = 1 ~ 4}、凹部周波数{vy(k); k = 1 ~ 3}はそれぞれpk(1)=500, pk(2)=1000, pk(3)=2500, pk(4)=3200, vy(1)=800, vy(2)=2000, vy(3)=3000となる。

【0044】次に、凸部帯域／凹部帯域決定部104では、凸部周波数{pk(j); j = 1 ~ NPK}、凹部周波数{vy(k); k = 1 ~ NVY}を受けて凸部帯域{Bpk(j); k = 1 ~ NPK}、凹部帯域{Bvy(k); k = 1 ~ NVY}を求める。

【0045】音声の振幅スペクトル概形において、凸部周波数近傍のスペクトル概形は各々異なる形状を持ち、同様に凹部周波数近傍のスペクトル概形も各々異なる形状を持つ。例えば、図3における凸部周波数(pk(1), pk(2), pk(3), pk(4))近傍の形状や凹部周波数(vy(1), vy(2), vy(3))近傍のスペクトル概形に着目すると、それぞれ異なる形状を有することが分かる。従って、これらの形状に適合させて凸部帯域および凹部帯域を決定することが望ましい。

【0046】凸部帯域および凹部帯域を凸部周波数近傍及び凹部周波数近傍のスペクトル概形の形状に適合させる例については、後述する第2の実施形態で説明することとし、本実施形態では説明を簡単にするために、予め定められた固定の幅(帯域幅)で凸部帯域および凹部帯域を決定する方法を説明する。

【0047】図4は、凸部帯域{Bpk(j); j = 1 ~ NPK}と凹部帯域{Bvy(k); k = 1 ~ NVY}の関係を模式的に表したものである。図4では、凸部帯域は凸部周波数を中心にして全体で240Hzの帯域幅を持つように設定されている。同様に、凹部帯域は凹部周波数を中心にして全体で120Hzの帯域幅を持つように設定されている。凸部帯域／凹部帯域決定部104では、このように凸部帯域と凹部帯域を決定してフィルタ構成部106にその情報を与える。

【0048】図5は、凸部帯域の設定値を500Hz、凹部帯域の設定値を100Hzとした場合のものである。この場合、図5中に示されるように凸部帯域と凹部帯域で重なる部分が出現する。このようなとき、凸部帯域を優先させるように凸部帯域および凹部帯域は設定される。図5においては、凹部周波数800Hz、3000Hzに対応する凹部帯域は凸部帯域と重なっているため、凹部帯域の重なっている部分は除かれる。一方、凸部周波数500Hz、1000Hzに対応する凸部帯域は互いに重なりを持つ。このような場合、これらは1つの凸部帯域とみなす。結果として、凸部帯域{Bpk(j); j = 1 ~ NPK}と凹部帯域{Bvy(k); k = 1 ~ NVY}は、図5に示される通りになる。ここで、NPK=3、NVY=1と修正される。

【0049】凸部倍率／凹部倍率決定部105では、入力端子101から与えられるLPC係数を用いて凸部倍率

と凹部倍率の少なくとも一方を決定する。これらの倍率はスペクトル強調フィルタの強さを制御するために用いられる。基本的な考え方としては、入力される音声信号の振幅スペクトル概形において、スペクトル極大値とスペクトル極小値の振幅の差が大きい場合にホルマントがはっきり現れていると考えてスペクトル強調を強くかけ、逆の場合にはホルマントがほとんど現れていないと考えてスペクトル強調を弱くかけるようにすれば良い。

【0050】本実施形態では、ホルマントの現われ方に対応するものとして、式(5)で表される合成フィルタの予測ゲインを用いる。つまり、合成フィルタの予測ゲインが大きい場合にはスペクトル強調フィルタを強くかけ、予測ゲインが小さい場合にはスペクトル強調フィルタを弱くかけるようにする。

【0051】具体的には、合成フィルタのフィルタゲインを式(9)で推定し、その推定値に従い凸部倍率と凹部倍率を決定する。本実施形態では簡単のため、凹部倍率を1.0と固定し、凸部倍率を合成フィルタの予測ゲインから求める場合について説明することとする。合成フィルタの予測ゲインはデシベルで表すと、

【0052】

【数7】

$$E_g = 10 \log_{10} \left(\frac{1}{\prod_{i=1}^{NP} (1 - \text{ref}(i)^2)} \right) \quad (9)$$

【0053】と推定される。ここで、ref(i)はPARCOR係数を表し、LPC係数 $\alpha(i)$ から周知の方法により求めることができる。次に、予測ゲインを用いて式(10)に従い凸部倍率を決定する。

【0054】

【数8】

$$G_{pk}(j) = 10^{lpk/10} \quad (10)$$

$$lpk = \text{MIN}(TA * E_g, TB) \quad (11)$$

【0055】ここで、TAおよびTBは凸部倍率を決定するための定数を表し、MIN()は最小値を出力する関数を表す。本実施形態では、TA=1.0、TB=3.0とする。このようにして求めた凸部倍率{Gpk(j); j = 1 ~ NPK}と凹部倍率{Gvy(k); k = 1 ~ NVY}をフィルタ構成部106に与える。

【0056】本実施形態では、簡単のために全ての凸部倍率{Gpk(j); j = 1 ~ NPK}を式(10)と式(11)に従い同一の値に設定する方法について説明を行ったが、各凸部倍率をそれぞれ適応的に設定する方法を用いても良い。例えば、凸部帯域{Bpk(j); j = 1 ~ NPK}にそれぞれ含まれる振幅スペクトル概形の平均値に基づいて凸部倍率{Gpk(j); j = 1 ~ NPK}を設定する方法が考えられる。また、

本実施形態の他に凸部倍率を1.0に固定して、凹部倍率を式(9)の結果に応じて設定する方法を用いることも可能である。同様に、凸部倍率と凹部倍率の両者を設定する方法を用いることも可能である。

【0057】フィルタ構成部106では、凸部帯域／凹部帯域決定部104から凸部帯域{Bpk(j); j = 1～NPK}と凹部帯域{Bvy(k); k = 1～NVY}の情報を受け取り、凸部倍率／凹部倍率決定部105から凸部倍率{Gpk(j); j = 1～NPK}と凹部倍率{Gvy(k); k = 1～NVY}の情報を受け取って、スペクトル強調フィルタを構成する。ここで、図4に示した凸部帯域と凹部帯域を用い、かつ全ての凸部倍率がGpk倍、全ての凹部倍率がGvy倍の場合について説明する。その模式図を図6に示す。

【0058】図6において、凸部帯域{Bpk(j); j = 1～NPK}に含まれる周波数成分の振幅スペクトルはGpk倍となるようにスペクトル強調フィルタの特性は決定される。同様に、凹部帯域{Bvy(k); k = 1～NVY}に含まれる周波数成分の振幅スペクトルはGvy倍されるようにスペクトル強調フィルタの特性は決定される。

【0059】次に、凸部帯域および凹部帯域のいずれにも属さない周波数に対応する倍率の決定を行う。この周波数に対応する倍率は、凸部倍率の最大値以下かつ凹部倍率の最小値以上の範囲にあることが望ましい。さらにいえば、現在着目している周波数に低域側で近い凸部帯域もしくは凹部帯域、高域側で近い凸部帯域もしくは凹部帯域で定められている2つの倍率を基に決定することが望ましい。

【0060】このことを、図6を用いて具体的に説明する。図6において、凸部帯域および凹部帯域のいずれにも属さずかつ倍率がまだ決まっていない、現在着目している周波数をftとする。周波数ftの成分に対する倍率は、ftの低域側に存在する凸部帯域Bpk(2)に対応する倍率Gpkと、ftの高域側に存在する凹部帯域Bvy(2)に対応する倍率Gvyとを用いて設定する。その具体的な例として、線形補間して倍率を決定する方法が考えられる。図6において、凸部帯域Bpk(2)の最高周波数をfpk、凹部帯域Bvy(2)の最低周波数をfvyとしたとき、周波数ftの成分に対する倍率Gftは、

$$G_{ft} = \text{sign}\left(\frac{G_{vy} - G_{pk}}{f_{vy} - f_{pk}}\right) \cdot \text{MIN}\left(\left|\frac{G_{vy} - G_{pk}}{f_{vy} - f_{pk}}\right|, T_{sl}\right) (f_t - f_{pk}) + G_{pk} \quad (13)$$

【0067】と求めることができる。ここで、Tslは倍率に制限を与える閾値、sign()は符号を返す関数を表す。

【0068】図8に、上記制限を設けた場合の倍率ベクトル{G(n); n = 0 ～ N/2}の様子を示す。この図8では、凸部帯域、凹部帯域、凸部倍率、凹部倍率は図7と同様のものを用いてある。図8から分かるように、隣接する周波数で急激に倍率が変化する部分がなくなり、前述したような問題を回避することが可能となる。

* 【0061】

【数9】

$$G_{ft} = \frac{G_{vy} - G_{pk}}{f_{vy} - f_{pk}} (f_t - f_{pk}) + G_{pk} \quad (12)$$

【0062】と表される。倍率が決まっていない他の周波数成分に対する倍率も、同様の方法により決定することができる。

【0063】また、図6における周波数0.0 ～ f1 [Hz] (f1はBpk(1)の最低周波数)の範囲に属する周波数成分に対する倍率は、周波数0.0での倍率が決定していないため、求めることができない。この場合、周波数0.0での倍率をGvy ～ Gpkの間にあると仮定して求める必要がある。本実施形態では、周波数0.0での倍率をf1が属する帯域に対応する倍率と対極の倍率(この場合、Gvy)にあると仮定する。同様に、周波数fh～4000 [Hz] (fhはBpk(4)の最大周波数)に属する成分に対する倍率は、fhが属する帯域に対応する倍率と対極の倍率(この場合Gvy)にあるとして倍率を求める。以上のような手続きに従い決定された倍率ベクトル{G(n); n = 0 ～ N/2}は、図7ようになる。

【0064】フィルタ構成部106における凸部帯域および凹部帯域のいずれにも属さない周波数成分に対する倍率の別の決定法として、予め定められた閾値以上に大きく倍率が変化しないように制限を設ける方法がある。例えば、図7に記載されている周波数f1～f2、f3～f4、f5～f6の間での倍率は急激に変化している。このような区間では、近接する周波数で過度のスペクトル強調、スペクトル減衰が行われてしまい、品質劣化を招く恐れがある。

【0065】この問題を回避するために、予め定められた閾値以上に大きく倍率が変化しないように倍率に制限を設ける方法は有効である。具体的な制限の方法として、線形補間する際の補間関数の傾きの絶対値が閾値以上とならないようにする方法がある。この方法を用いると、現在着目している周波数をftとしたとき、この周波数ftに対する倍率Gftは、

【0066】

* 【数10】

【0069】次に、入力端子107から音声信号s(i)が与えられる。この入力音声信号と入力端子101から入力されるLPC係数とは時間的な対応、つまり同期がとられているものとする。時間一周波数変換部108では、入力端子107から入力される音声信号がDFTやDCTなどの周知の技術により周波数領域の信号に変換される。その際、必要であれば窓掛けも行われる。入力信号を時間一周波数変換して求めたスペクトルを{S(n); n=0 ～ N/2}と表す。

【0070】次に、乗算器109において入力される音声信号のスペクトル $\{S(n); n=0 \sim N/2\}$ と倍率ベクトル $\{G(n); n=0 \sim N/2\}$ を次式に従い乗算を行う。ただし、乗算後のスペクトルを $\{U(n); n=0 \sim N/2\}$ とする。

【0071】

【数11】

$$U(n)=S(n)*G(n) \quad (14)$$

【0072】この処理は、入力される音声信号のスペクトルを倍率ベクトルによって周波数領域で強調・減衰することを意味する。

【0073】次に、乗算器109で算出されたスペクトル $\{U(n); n=0 \sim N/2\}$ は、周波数-時間変換部108によって時間領域の信号に変換される。この変換は、時間-周波数変換部108の逆変換として規定される。時間-周波数変換部108で求められた時間領域の信号を $u(i)$ と表す。

【0074】次に、ゲイン算出部111においてスペクトル強調後の信号 $u(i)$ のゲイン補正を行うためのゲインが算出される。ゲイン算出部111では、入力される音声信号 $s(i)$ とスペクトル強調後の信号 $u(i)$ を用い

【0075】

【数12】

$$g_v = \sqrt{\frac{\sum s(i)^2}{\sum u(i)^2}} \quad (15)$$

【0076】乗算器112では、スペクトル強調後の信号 $u(i)$ に補正ゲイン g_v を乗じて、ゲイン補正後の信号 $v(i)$ を生成する。ゲイン補正後の信号 $v(i)$ は、次式に従い求められる。このゲイン補正後の信号 $v(i)$ は、出力端子113から出力される。このようにしてスペクトル強調がなされた音声信号を得ることができる。

【0077】

【数13】

$$v(i) = g_v * u(i) \quad (16)$$

【0078】なお、本実施形態では時間領域の信号同士を用いてゲイン補正を行う例について示したが、周波数領域の信号同士を用いてゲイン補正を行っても良い。具体的には、乗算器109の出力信号のパワーを時間-周波数変換部108の出力信号のパワーに一致するように補正ゲインを算出すればよい。

【0079】〔第2の実施形態〕音声の振幅スペクトル概形において、凸部周波数及びその近傍のスペクトル概形は、ピークの鋭さや幅の広さなどで各々異なる形状を持つ。例として、図3における凸部周波数 $(pk(1), pk(2), pk(3), pk(4))$ 近傍のスペクトル概形に着目すると、それぞれ異なる形状を有することが分かる。従って、これらのスペクトル概形の形状に適応させて凸部帯域を決定することが望ましいことは、第1の実施形態の説明中で述べた通りである。

【0080】そこで、本発明の第2の実施形態として、凸部周波数近傍のスペクトル概形の形状に適した凸部帯域を決定する実施形態について図9を用いて説明する。図9は、1つの凸部周波数 $pk(j)$ とその両端に位置する2つの凹部周波数 $vy(k), vy(k+1)$ の様子を表している。

【0081】まず、凸部周波数 $pk(j)$ と左側に位置する凹部周波数 $vy(k)$ との、予め定められた比率に基づく内分点に位置する周波数 FL を求める。同様に、凸部周波数 $pk(j)$ と右側に位置する凹部周波数 $vy(k+1)$ との、予め定められた比率に基づく内分点に位置する周波数 FR を求める。そして、周波数 FL から FR までの帯域を凸部周波数 $pk(j)$ を中心とする凸部帯域 $Bpk(j)$ とする。図9では、内分点を求める際の比率を0.5としている。また、この方法において、凸部帯域 $Bpk(j)$ が大きくなりすぎないように、予め定められた長さ以下に制限を設けても良い。

【0082】また、図10に示すように、凸部周波数 $pk(j)$ の両側にそれぞれ位置する凹部周波数 $vy(k), vy(k+1)$ のいずれか一方（この例では $vy(k+1)$ ）が他方（この例では $vy(k)$ ）に比べ著しく離れた位置にある場合、凸部帯域 $Bpk(j)$ が極端にずれてしまうおそれがある。

【0083】この問題を回避するために、凸部周波数 $pk(j)$ と内分点に位置する周波数 FL, FR との距離を用いて凸部帯域に制限を与える方法が考えられる。具体的には、凸部周波数 $pk(j)$ と FL との距離を DL 、凸部周波数 $pk(j)$ と FR との距離を DR とすると、距離 DL, DR は次のように表される。

【0084】

【数14】

$$DL = pk(j) - FL \quad (17)$$

$$DR = FR - pk(j) \quad (18)$$

【0085】次に、 DL の大きさが DR の定数 C ($C > 1.0$)倍を超えているか、もしくは DR の大きさが DL の C 倍を超えているかを判定し、超えているようであれば DL または DR を制限する。具体的には、

【0086】

【数15】

$$DL' = \min(DL, C*DR) \quad (19)$$

$$DR' = \min(DR, C*DL) \quad (20)$$

【0087】とし、 DL', DR' に対応する周波数 FL', FR' を求め、 FL' から FR' までの帯域を凸部周波数 $pk(j)$ の凸部帯域 $Bpk(j)$ とする。図10にその様子を示す。ここで定数 C は2.0としている。また、この方法においても、凸部帯域 $Bpk(j)$ が大きくなりすぎないように、予め定められた長さ以下に制限を設けても良い。

【0088】〔第3の実施形態〕図11に、本発明の第3の実施形態に係る音声スペクトル強調装置の構成を示す。図11において、図1と同じ名称を有する構成要素は、機能も図1の場合と同じであるので、ここでは説明

を省略する。

【0089】第1の実施形態では、スペクトル強調フィルタを周波数領域で構成していたのに対し、本実施形態では時間領域で構成する点が異なっており、図1における時間一周波数変換部108が除去され、これに伴って周波数—時間変換部110も除去されている。また、図12は本実施形態の処理の流れを示すフローチャートであり、ステップS2001～S2004の処理は図2のステップS1001～S1004と同様である。

【0090】本実施形態では、フィルタ構成部206に10
おいて、先ず凸部帯域／凹部帯域決定部204により決定された凸部帯域及び凹部帯域、凸部倍率／凹部倍率決定部205により決定された凸部倍率及び凹部倍率を用いて、図7や図8で示したようなスペクトル強調フィルタの特性（または倍率ベクトル） $\{G(n); n=0 \sim N/2\}$ を決定した後、この特性を有する時間領域のフィルタを構成する（ステップS2005）。

【0091】具体的には、まず所望のスペクトル強調フィルタの特性のパワースペクトルを求め、このパワースペクトルを逆フーリエ変換して自己相関関数を求め、この自己相関関数について周知のLPC分析法で分析を行い、LPC係数 $\{ap(m); m=1 \sim M\}$ を求める。このようにして求めたLPC係数 $\{ap(m); m=1 \sim M\}$ を全極型フィルタの特性として用いて時間領域のスペクトル強調フィルタを構成し、このフィルタを用いてフィルタリング部210によりフィルタリングを行って、入力される音声信号のスペクトル強調を行い（ステップS2006）、次いでゲイン算出部211で補正ゲインを算出し（ステップS2007）、この補正ゲインを乗算器212によりスペクトル強調後の音声信号に対して乗じる（ステップS2008）。

【0092】また、前述の自己相関関数を基に、所望の特性に近くなるよう極零型フィルタを周知の方法に従い生成して時間領域のスペクトル強調フィルタを構成し、このフィルタを用いてフィルタリング部210によりフィルタリングを行い、入力された音声信号のスペクトル強調を行うこともできる。このようなフィルタとしては、Modified Yule Walkerフィルタなどが知られている。

【0093】〔第4の実施形態〕図13に、本発明の第4の実施形態に係る音声スペクトル強調装置の構成を示す。図13において、図1と同じ名称を有する構成要素は、機能も図1の場合と同じであるので、ここでは説明を省略する。

【0094】第1の実施形態では、振幅スペクトル概形としてLPC係数から求められるLPCスペクトルを用いていたのに対して、本実施形態では時間一周波数変換部308により算出される音声信号の周波数領域の信号を用いて振幅スペクトル概形算出部302で振幅スペクトル概形を求めている点が異なっている。従って、本実施形態

ではLPC係数を入力として与える必要がない。また、図14は本実施形態の処理の流れを示すフローチャートであり、ステップS3003～S3010の処理は図2のステップS1003～S1010と同様である。

【0095】すなわち、入力端子307から入力された音声信号は、まず時間一周波数変換部308で周波数領域の信号に変換され（ステップS3001）、これにより生成されたスペクトル $\{S(n); n=0 \sim N/2\}$ を用いて振幅スペクトル概形算出部302で振幅スペクトル概形が算出される（ステップS3002）。振幅スペクトル概形の具体的な算出方法として、例えばスペクトル $\{S(n); n=0 \sim N/2\}$ の移動平均値を用いる。移動平均スペクトル $\{S_a(n); n=0 \sim N/2\}$ は、スペクトル $\{S(n); n=0 \sim N/2\}$ を用いて次式のように算出できる。

【0096】

【数16】

$$S_a(n) = \sqrt{\frac{1}{M} \sum_{m=-M/2}^{M/2} |s(n+m)|^2} \quad (21)$$

【0097】Mは移動平均の窓長を表す。このようにして求めた移動平均スペクトルは、凸部周波数／凹部周波数決定部303に与えられる。

【0098】また、本実施形態では、凸部倍率／凹部倍率決定部304において、入力された音声信号のスペクトル $\{S(n); n=0 \sim N/2\}$ 、または移動平均スペクトル $\{S_a(n); n=0 \sim N/2\}$ を用いて凸部倍率と凹部倍率が決定される。その具体的な方法としては、例えばスペクトル $\{S(n); n=0 \sim N/2\}$ のパワーを用いる方法、移動平均スペクトル $\{S_a(n); n=0 \sim N/2\}$ の上限値と下限値の差を用いる方法などが考えられる。

【0099】〔第5の実施形態〕図15に、本発明の第5の実施形態に係る音声スペクトル強調装置の構成を示す。図15において、図1と同じ名称を有する構成要素は、機能も図1の場合と同じであるので、ここでは説明を省略する。また、図16は本実施形態の処理の流れを示すフローチャートであり、ステップS4001～S4005、S4007～S4009の処理は図2のステップS1001～S1005、S1007～S1009と同様である。

【0100】本実施形態では、入力端子407から与えられる信号が周波数領域の信号、例えば音声スペクトルである点が第1の実施形態と異なっている。従って、図1における時間一周波数変換部108は不要であり、ステップS4005で構成されたスペクトル強調フィルタの特性が音声信号の周波数スペクトルに乗算される（ステップS4006）。

【0101】本実施形態の構成は、周波数領域で符号化を行う方式、例えばMBE(Multi-bandExcitation)符号化などのように復号された信号が周波数領域で表される場合に適用でき、このような場合には時間一周波数変換部を省略できる利点がある。

【0102】また、本実施形態の構成では、補正ゲイン算出部411では入力された音声スペクトルと乗算器408の出力であるスペクトル強調後の信号を用いて求められる。さらに、周波数-時間変換部410では、乗算器412の出力であるゲイン補正後の信号を用いて変換が行われ、この出力信号が出力端子413から出力される。

【0103】〔第6の実施形態〕図17に、本発明の第6の実施形態に係る音声スペクトル強調装置の構成を示す。図17において、図1、図15と同じ名称を有する構成要素は、機能も図1、図15の場合と同じであるので、ここでは説明を省略する。また、図18は本実施形態の処理の流れを示すフローチャートであり、ステップS5002～S5009の処理は図16のステップS4002～S4009と同様である。

【0104】本実施形態は前述の第5の実施形態と最も近く、異なる点は本実施形態ではLPC係数が与えられていない点にある。この場合、第4の実施形態と同様に、入力端子507から与えられる音声スペクトルを用いて振幅スペクトル概形算出部502で振幅スペクトル概形を求める（ステップS5001）。

【0105】〔第7の実施形態〕図19は、本発明の第7の実施形態として本発明に係るスペクトル強調装置を音声符号化／復号化システムにおける音声復号化装置に適用した例である。本実施形態では、音声符号化／復号化システムとしてCELP方式を用いた場合について説明を行うが、これに限定されるものではない。例えば、MBEのような周波数領域で音声符号化を行う方法にも適用できる。また、本実施形態では第1の実施形態で示したスペクトル強調装置を用いた場合について説明を行うが、これに限定されることはなく、他の実施形態を適用することも可能である。本実施形態の処理の流れを示す図20と併せて、本実施形態の構成と動作を説明する。

【0106】図19に示す音声復号化装置は、大きく音声復号部601とスペクトル強調部602からなる。また、図20において、ステップS6001～ステップS6007に示される処理は音声復号処理、ステップS6008～ステップS6017に示される処理はスペクトル強調処理を表す。

【0107】入力端子603からは、図示されていない音声符号化部により圧縮符号化された音声信号を表す符号化ビットストリームが音声復号部601に入力される。入力された符号化ビットストリームは、デマルチプレキサ604によりLPC係数インデックス、ACBベクトルインデックス、SCBベクトルインデックス、ゲインインデックスに分離・変換される（ステップS6001）。

【0108】LPC係数復号部605では、LPC係数インデックスを基にLPC係数 $\{\alpha_q(i); i=1\sim NP\}$ を復号する（ステップS6002）。復号されたLPC係数は、合成フィルタ612及びスペクトル強調部602に与えられる。ACB

ベクトル復号部606ではACBベクトルインデックスを用いてACBベクトルを復号し（ステップS6003）、SCBベクトル復号部607ではSCBベクトルインデックスを用いてSCBベクトルを復号する（ステップS6004）。同様に、ゲイン復号部608ではゲインインデックスを用いてACBベクトルゲインとSCBベクトルゲインを復号する（ステップS6005）。

【0109】乗算器610では、ACBベクトルとACBベクトルゲインを乗算し、乗算器609ではSCBベクトルとSCBベクトルゲインを乗算する。これら乗算器610、609による乗算後の信号を加算器611によって加算することで、音源を生成する（ステップS6006）。よって、音源 $ex(n)$ は次式で表される。

【0110】

【数17】

$$ex(n) = gp * p(n) + gc * c(n) \quad (22)$$

【0111】ここで、 $p(n)$ はACBベクトル、 $c(n)$ はSCBベクトル、 gp はACBベクトルゲイン、そして gc はSCBベクトルゲインを表す。

【0112】LPC係数 $\{\alpha_q(i); i=1\sim NP\}$ で構成される合成フィルタ612に音源 $ex(n)$ を通して、合成信号 $so(n)$ を生成する（ステップS6007）。合成信号 $so(n)$ は、次式に従い求められる。

【0113】

【数18】

$$so(n) = ex(n) + \sum_{i=1}^{NP} \alpha_q(i) \cdot so(n-i) \quad (23)$$

【0114】このようにして生成された合成信号 $so(n)$ は、スペクトル強調部602に与えられる。スペクトル強調部602は、図1に示した第1の実施形態で説明したスペクトル強調装置と同様の構成である。

【0115】音声スペクトル強調部602において、LPCスペクトル算出部102では、音声復号部601から与えられた、音声信号の振幅スペクトルの情報を含むLPC係数 $\{\alpha_q(i); i=1\sim NP\}$ を用いて、第1の実施形態と同様に振幅スペクトル概形であるLPCスペクトルを算出する（ステップS6008）。

【0116】次に、凸部周波数／凹部周波数算出部103によってLPCスペクトルを用いて凸部周波数と凹部周波数を検出し（ステップS6009）、凸部帯域／凹部帯域決定部104によって凸部周波数と凹部周波数を基に凸部帯域と凹部帯域を決定する（ステップS6010）。

【0117】また、凸部倍率／凹部倍率決定部104ではLPC係数 $\{\alpha_q(i); i=1\sim NP\}$ を用いて凸部倍率と凹部倍率を決定する（ステップS6011）。そして、フィルタ構成部106では、凸部帯域と凹部帯域、および凸部倍率と凹部倍率を基にスペクトル強調フィルタを構成する（ステップS6012）。

【0118】次に、時間一周波数変換部108では、合

成信号 $so(n)$ を周波数領域の信号に変換し(ステップS6013)、乗算器109によって合成信号の周波数領域の信号とスペクトル強調フィルタを乗算し(ステップS6014)、乗算後の信号を周波数-時間変換部110によって時間領域の信号に変換する(ステップS6015)。

【0119】次に、ゲイン算出部111によって合成信号 $so(n)$ と周波数-時間変換部110の出力信号とを用いて補正ゲインを算出し(S6016)、また周波数-時間変換部110の出力信号と補正ゲインを乗算器112によって乗算し(ステップS6017)、出力端子613より出力する。

【0120】このようにして、音声復号化部601から出力される復号音声信号に対して本発明に基づく音声スペクトル強調部602によってスペクトル強調を施すことができる。

【0121】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば音声信号の振幅スペクトル概形から凸部周波数と凹部周波数を求め、凸部帯域の周波数成分については振幅スペクトルを強調し、凹部帯域の周波数成分については振幅スペクトルを減衰させることによって、低域が過度に強調されたり、高域が過度に強調されるような不適当なスペクトル傾きが原理的に生じることなく、良好なスペクトル強調を行うことができる。

【0122】また、凸部周波数とその近傍を同一倍率で強調、凹部周波数とその近傍を同一倍率で減衰させることによって、凸部周波数や凹部周波数がずれるという問題も生じない。

【0123】さらに、凸部周波数は強調し凹部周波数は減衰するように倍率が決定されるため、2つの凸部周波数が各々近接している場合においても、その凸部周波数に挟まれた凹部周波数が強調されてしまうという問題を回避することができる。

【0124】このように本発明によると、不適当なスペクトル傾きを発生することなく、かつスペクトルの凸部をずらしたり凹部を強調することのない、理想的なスペクトル強調を可能とすることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の一実施形態に係る音声スペクトル強調装置の構成を示すブロック図

【図2】 同実施形態における処理手順を示すフローチャート

【図3】 同実施形態の動作を説明するための凸部周波数及び凹部周波数の分布の一例を示す図

【図4】 同実施形態の動作を説明するための凸部帯域及び凹部帯域の関係の一例を模式的に示す図

【図5】 同実施形態の動作を説明するための凸部帯域及び凹部帯域の関係の他の例を模式的に示す図

【図6】 同実施形態におけるフィルタ構成部の動作を説明するための凸部帯域及び凹部帯域と凸部倍率及び凹

部倍率の関係を示す図

【図7】 同実施形態における凸部倍率及び凹部倍率の決定方法の一例について示す図

【図8】 同実施形態における凸部倍率及び凹部倍率の決定方法の他の例について示す図

【図9】 本発明の第2の実施形態における凸部帯域の決定方法について示す図

【図10】 同実施形態における凸部帯域の決定方法の他の例について示す図

【図11】 本発明の第3の実施形態に係る音声スペクトル強調装置の構成を示すブロック図

【図12】 同実施形態の処理手順を示すフローチャート

【図13】 本発明の第4の実施形態に係る音声スペクトル強調装置の構成を示すブロック図

【図14】 同実施形態の処理手順を示すフローチャート

【図15】 本発明の第5の実施形態に係る音声スペクトル強調装置の構成を示すブロック図

【図16】 同実施形態の処理手順を示すフローチャート

【図17】 本発明の第6の実施形態に係る音声スペクトル強調装置の構成を示すブロック図

【図18】 同実施形態の処理手順を示すフローチャート

【図19】 本発明の第7の実施形態に係る音声復号化装置の構成を示すブロック図

【図20】 同実施形態の処理手順を示すフローチャート

【図21】 第1の従来技術を説明するための合成フィルタのLPCスペクトル及びスペクトル強調フィルタのスペクトル特性を示す図

【図22】 第2の従来技術を説明するための合成フィルタのLPCスペクトル及びスペクトル強調フィルタのスペクトル特性を示す図

【符号の説明】

101, 201, 401…LPC係数入力端子

102, 202, 402, 502…LPCスペクトル算出部

302…振幅スペクトル概形算出部

103, 203, 303, 403, 503…凸部周波数／凹部周波数決定部

104, 204, 304, 404, 504…凸部帯域／凹部帯域決定部

105, 205, 305, 405, 505…凸部倍率／凹部倍率決定部

106, 206, 306, 406, 506…フィルタ構成部

107, 207, 307…音声入力端子

407, 507…音声スペクトル入力端子

108, 308…時間一周波数変換部

109, 309…乗算器

110, 310, 410, 510…周波数-時間変換部

210…フィルタリング部

111, 211, 311, 411, 511…ゲイン算出部

* 112, 212, 312, 412, 512…乗算器

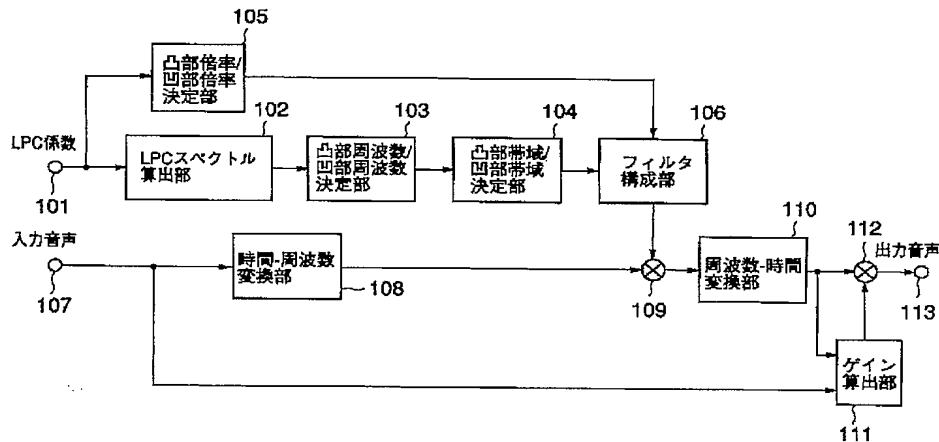
113, 213, 313, 413, 513, 613…音声出力端子

601…音声復号部

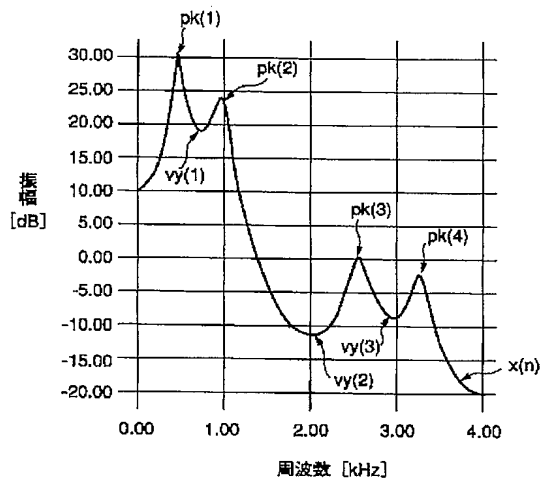
602…音声スペクトル強調部

* 603…音声符号化ビットストリーム入力端子

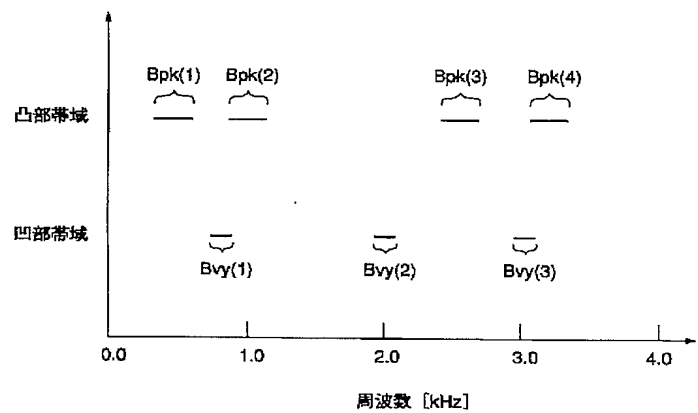
【図 1】



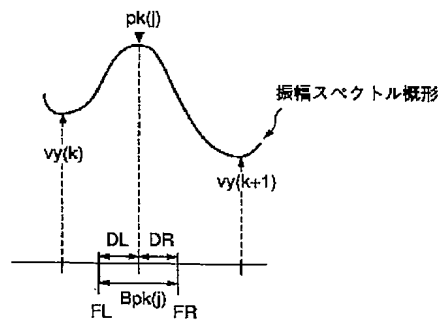
【図 3】



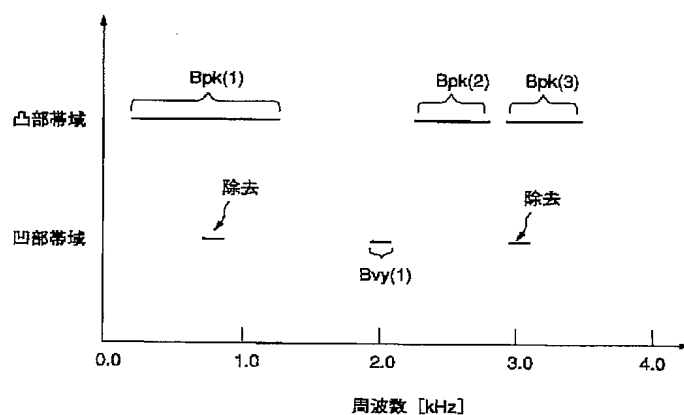
【図 4】



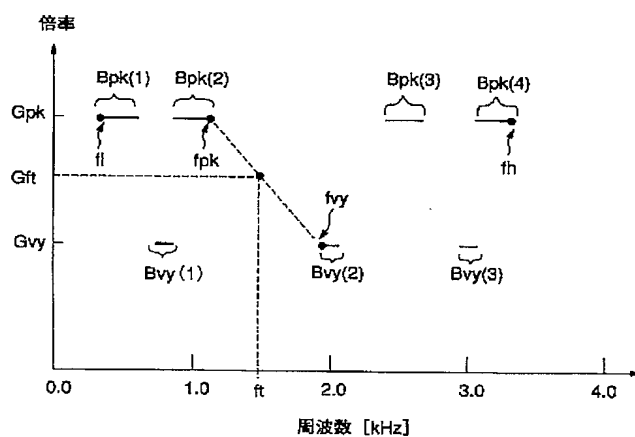
【図 9】



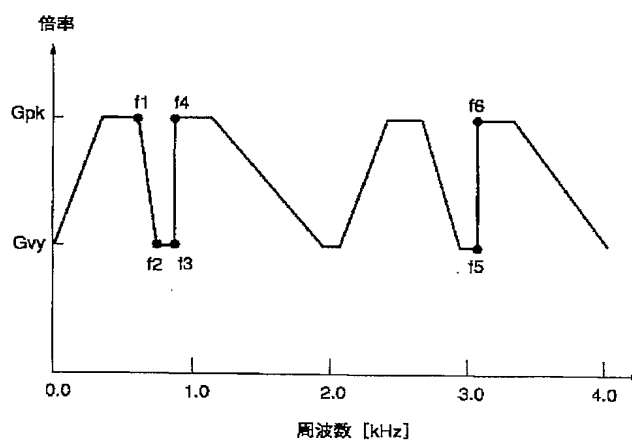
【図 5】



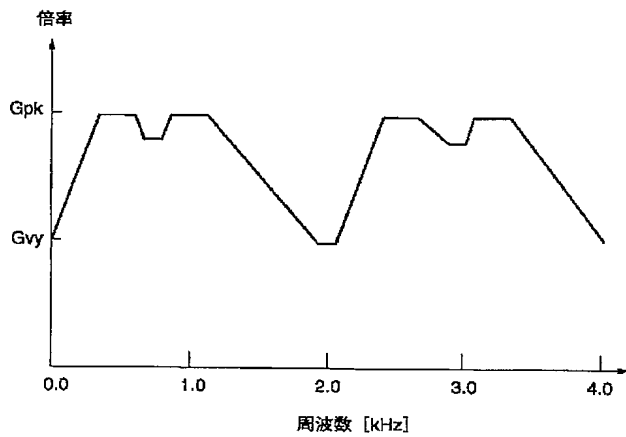
【图 6】



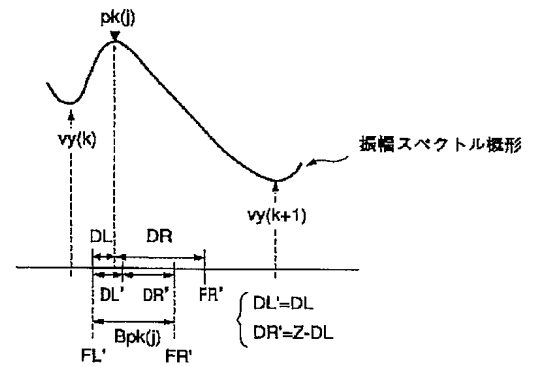
【图 7】



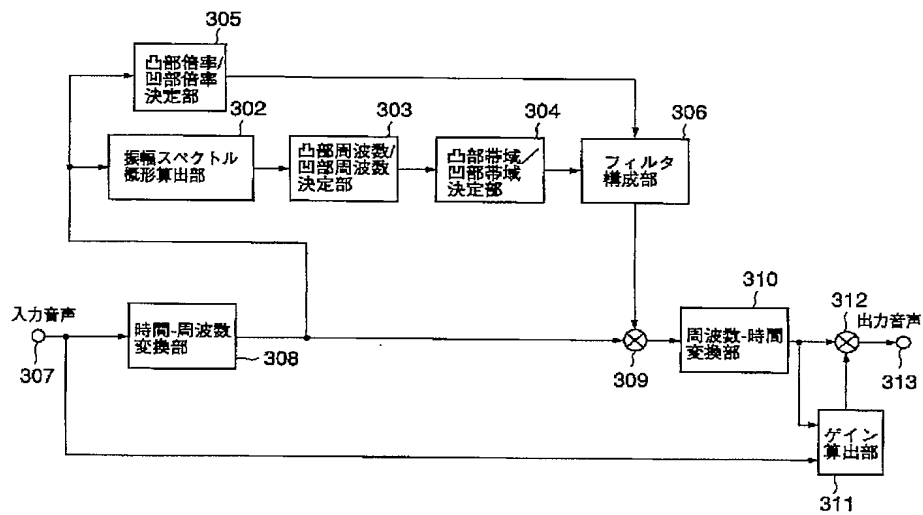
【図 8】



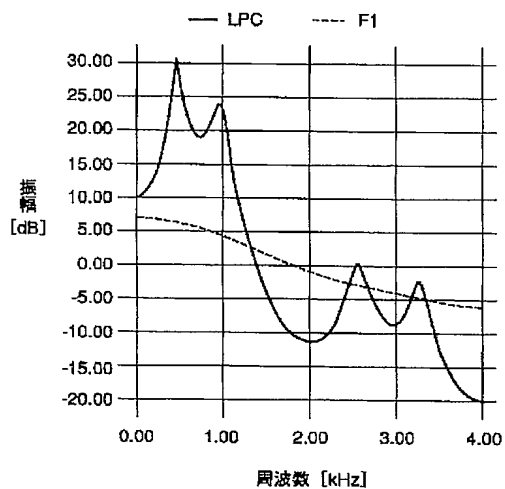
【図 10】



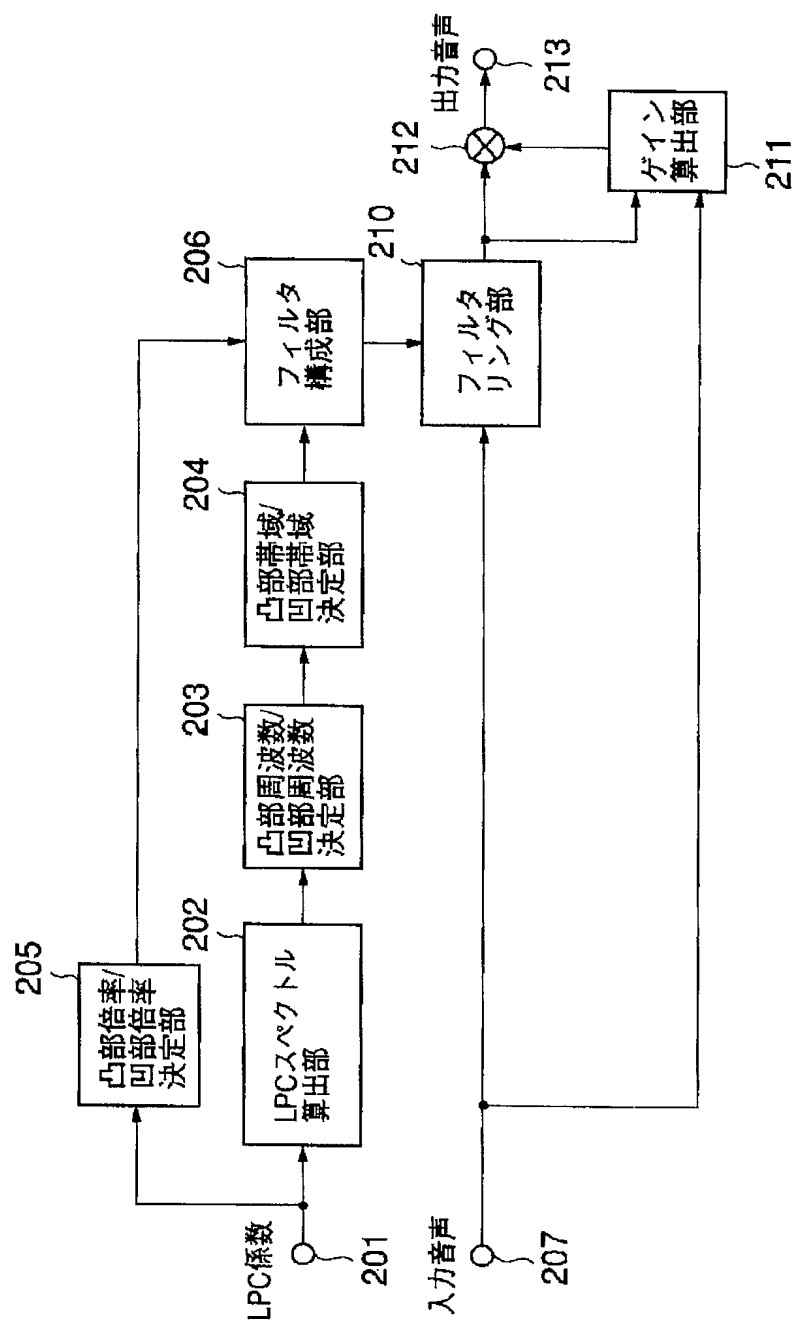
【図 13】



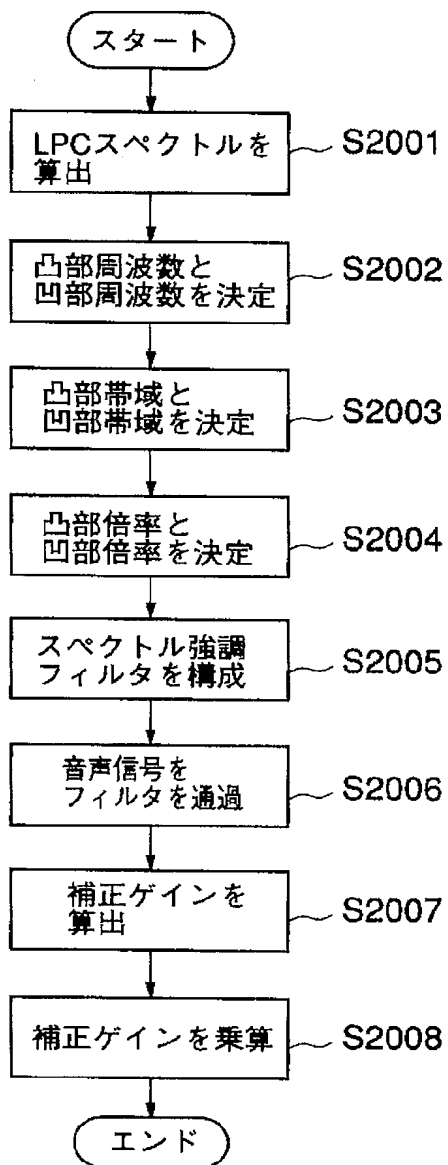
【図 21】



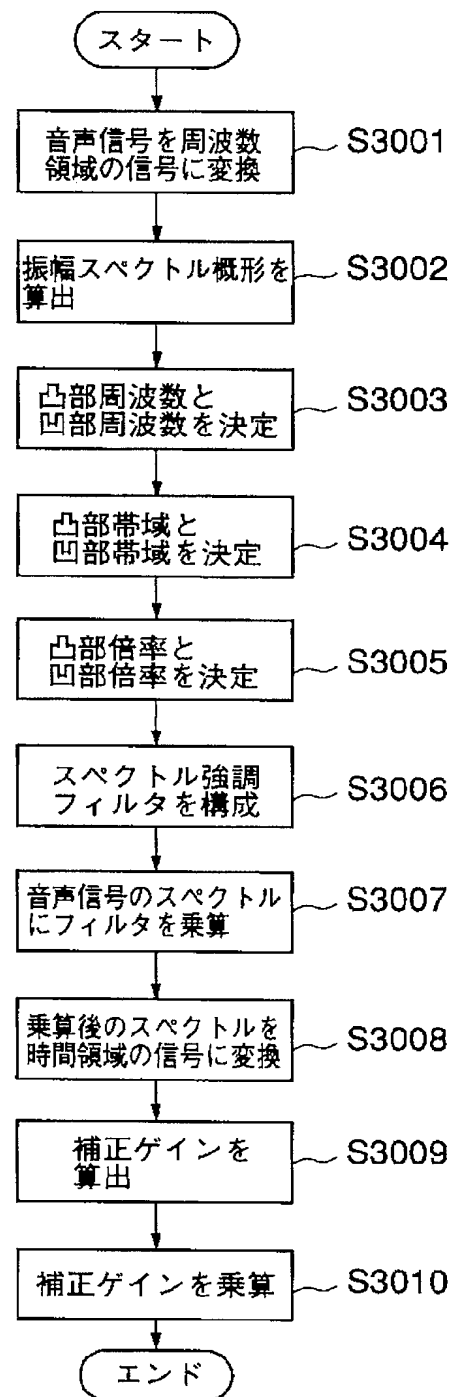
【図 11】



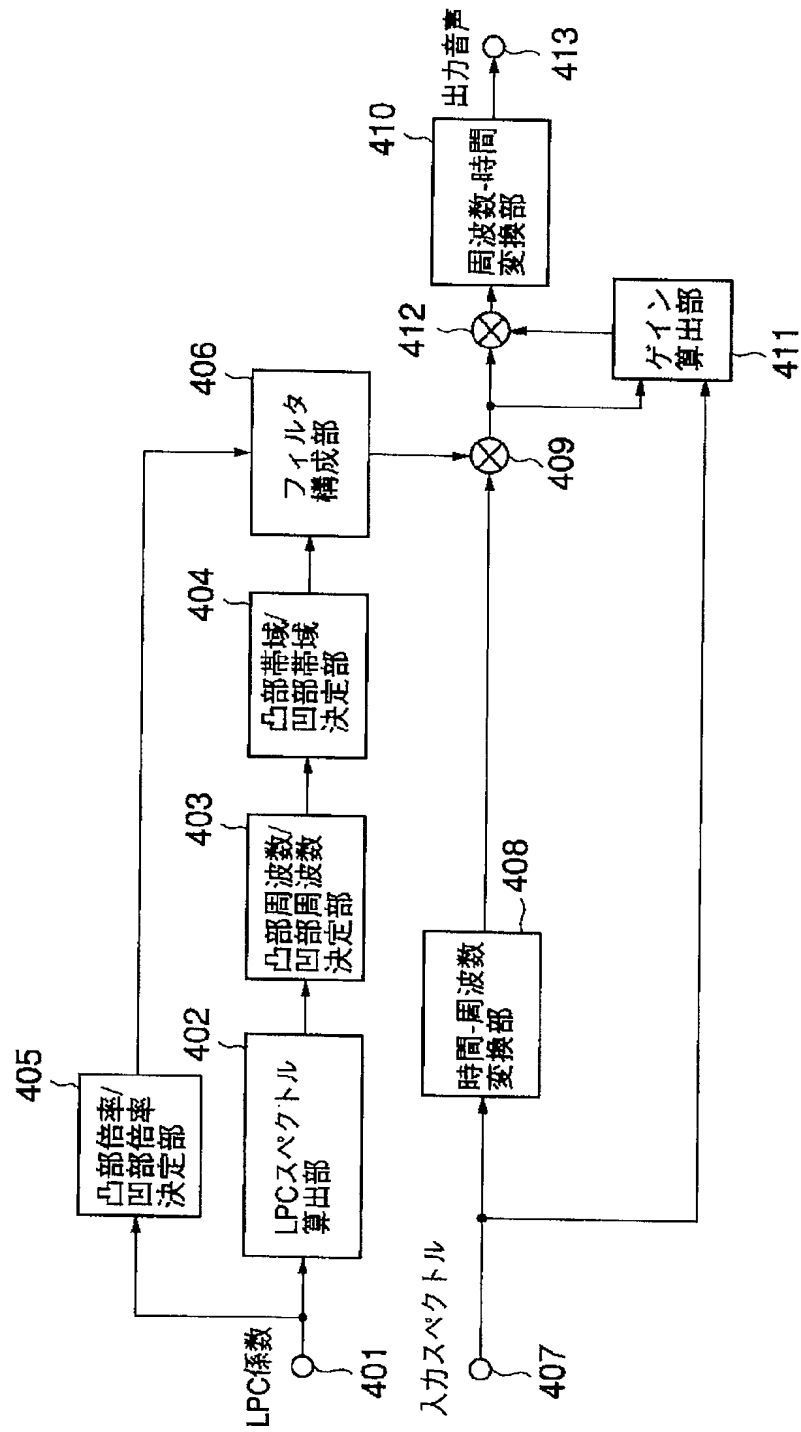
【図12】



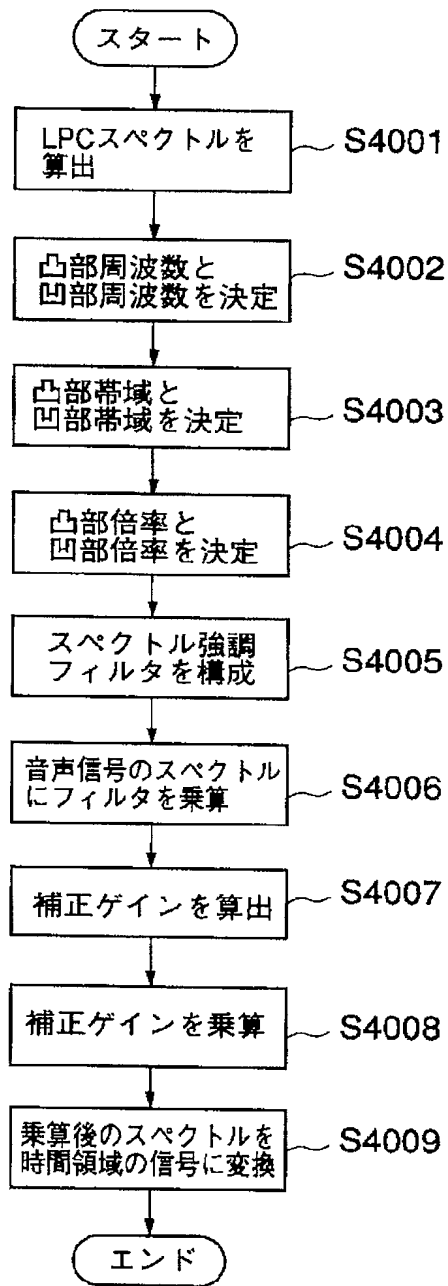
【図14】



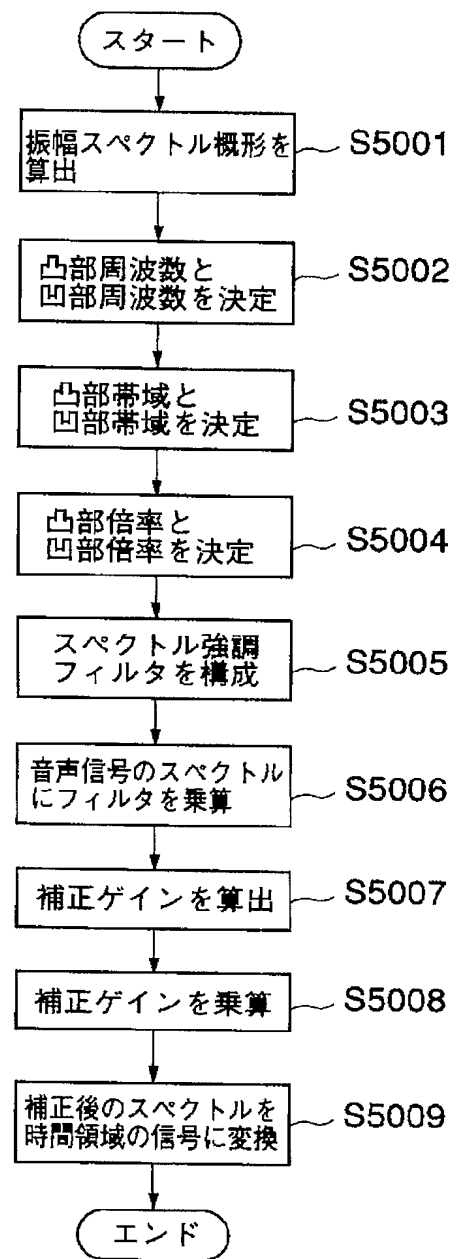
【図15】



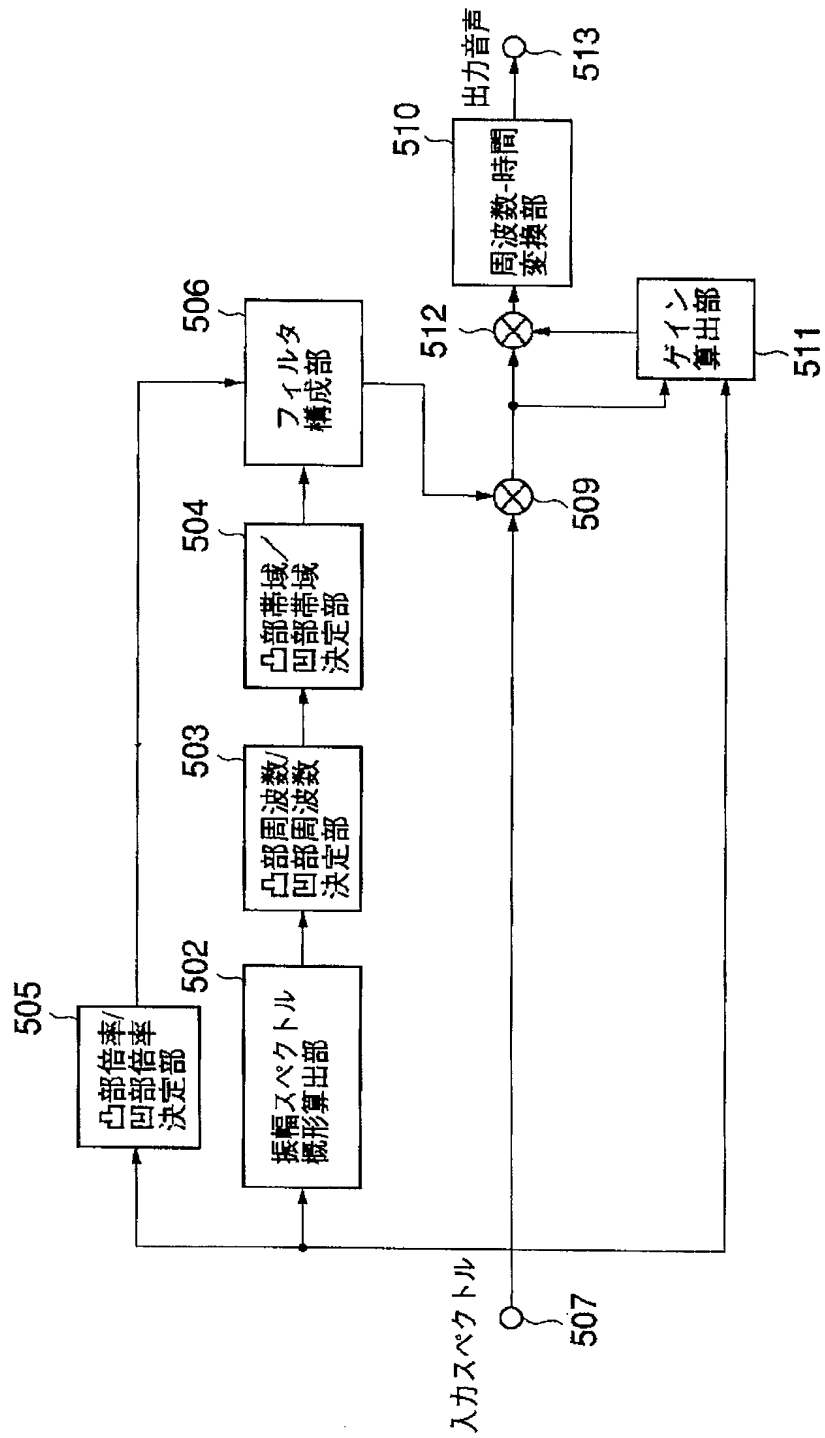
【図16】



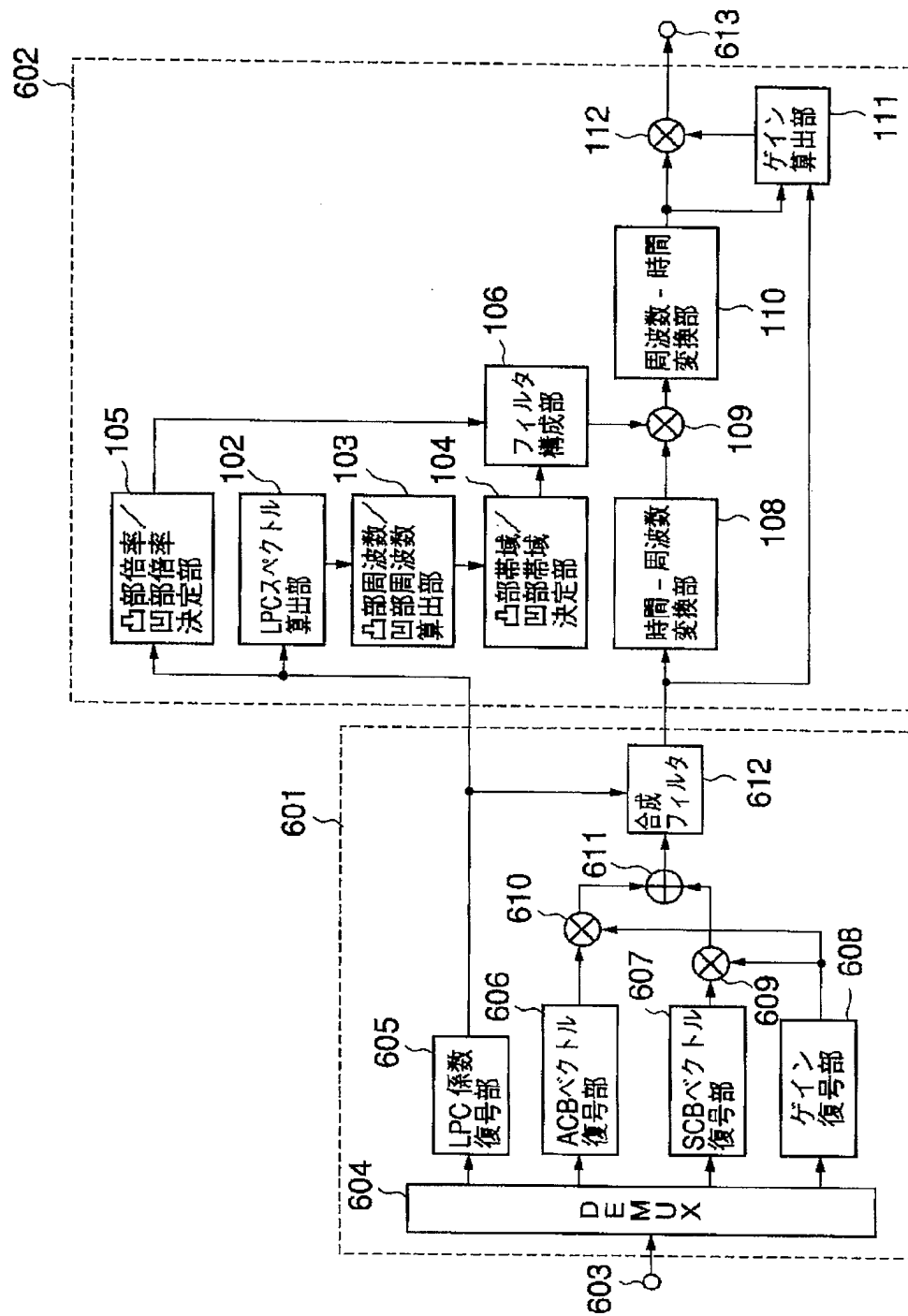
【図18】



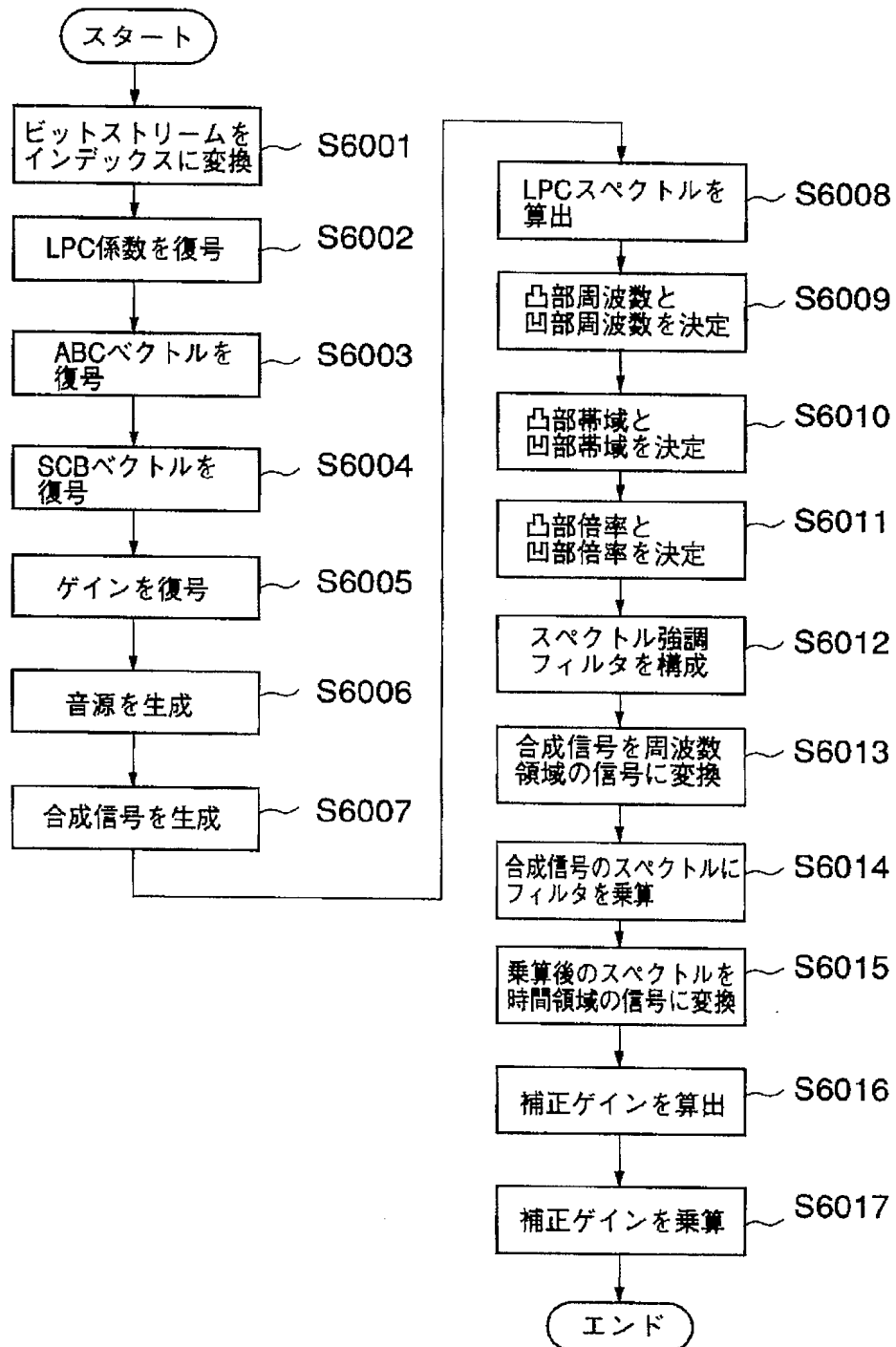
【図17】



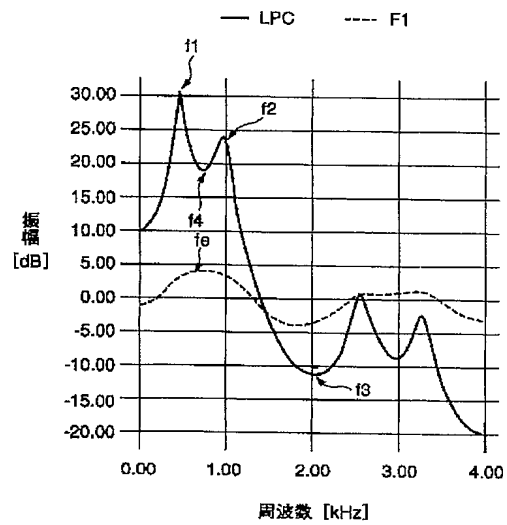
【図 19】



【図20】



【図 22】



フロントページの続き

F ターム(参考) 5D045 CA01 CB01
 5J064 AA01 BB03 BB08 BB12 BB13
 BC02 BC09 BC11 BC27 BD01
 CA01 CB13